

Рис. 2. Уточнение границы зрачка методом Daugman

4. Выводы

В данной работе приводится решение научной задачи компьютерной идентификации зрачка на основании анализа фронтального изображения глаза. Проведенный анализ состояния проблемы компьютерной идентификации радужки показал, что в настоящее время для решения задач автоматического обнаружения и распознавания не выработано единого и надежного подхода. Для дальнейшего развития и исследований избраны следующие методы решения поставленной задачи, которая разделяется на два последовательных этапа – предварительное обнаружения зрачка методом AdaBoost и уточнение границ методом Daugman. В дальнейшем для поиска внешней границы ириса и прикрывающего нижнего и верхнего века планируется использовать аналогичные алгоритмы.

Предложенные в работе методы реализованы в программном продукте, который осуществляет поиск зрачка на изображении глаза. Данный программный продукт является частью автоматического рабочего места иридолога.

Список литературы: 1. Zhu D., Moore S.T. and Raphan T. Robust pupil center detection using a curvature algorithm // Computer methods and programs in biomedicine. – 1999. – Vol. 59. – №3. – pp. 145–157. 2. Кузьмук В.В., Волошин М.В. Визначення впливу моделі опису об'єкта на достовірність його ідентифікації в системах комп'ютерного зору // МЕЕС'10 – 2010. – с. 69-72. 3. Волошин М.В. Моделі опису об'єкта та достовірність ідентифікації в системах комп'ютерного зору // ЕЕ JET. – 2010. – №4/7 (46) – с. 56-63. 4. John Daugman, High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence // IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 15, no. 11, p. 1148–1161, November 1993.

Поступила в редколлегию 23.02.2011

УДК 621.3.078.3

В. С. СУЗДАЛЬ, докт. техн. наук, вед. науч. сотр., Институт
сцинтилляционных материалов НАН Украины, г. Харьков

Ю.М. ЕПИФАНОВ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., Институт
сцинтилляционных материалов НАН Украины, г. Харьков

МОДАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫРАЩИВАНИЕМ КРУПНОГАБАРИТНЫХ МОНОКРИСТАЛЛОВ

Для кристалізації великогабаритних монокристалів проведений синтез системи модального керування з регулятором низького порядку, яка забезпечує робастну стійкість і необхідну якість керування.

Ключові слова: великогабаритний монокристал, метод Чохральського, синтез регулятора, модальне керування, робастна стійкість.

Для кристаллизации крупногабаритных монокристаллов проведен синтез системы модального управления с регулятором низкого порядка, которая обеспечивает робастную устойчивость и требуемое качество управления.

Ключевые слова: крупногабаритный монокристалл, метод Чохральского, синтез регулятора, модальное управление, робастная устойчивость.

The synthesis of modal control system with low-order controller for crystallization of large size single crystals, have been proposed. This system gives the robust stability and quality of control.

Key words: the large size, the single crystal, Czochralski method, the synthesis of controller, the robust stability.

1. Введение

Крупногабаритные щелочногалоидные монокристаллы (ЩГК) выращивают в промышленности методом Чохральского на установках типа «РОСТ», в которых для оценки диаметра растущего кристалла применяют метод измерения падения уровня расплава в результате быстрого дискретного подъема кристалла из расплава на малую величину [1]. Известно, что в процессе выращивания ЩГК, сопровождаемом заменой расплава кристаллизующей средой и перераспределением масс расплава и кристалла в рабочем пространстве ростовой установки, изменяются все характеристики теплового поля – значения температур расплава и кристалла, параметры теплопереноса, положение фронта кристаллизации и величина градиента температуры в области фронта кристаллизации, т.е. процесс кристаллизации является нестационарным.

Исследования процесса кристаллизации крупногабаритных ЩГК показывают, что этот процесс можно условно разбить на несколько интервалов, в пределах которых его тепловые условия являются квазистационарными. В этом случае задачу управления нестационарным процессом можно свести к управлению объектом с неопределенностью. Проектируемая система управления должна обеспечивать приемлемое качество переходных процессов, необходимую точность и грубость (робастность) к неопределенности модели объекта управления (ОУ). Следовательно, решение задачи высококачественного управления процессом кристаллизации ЩГК следует искать, во-первых, в классе робастных систем управления и, во-вторых, в классе систем модального управления, которые на интервале выращивания обеспечат устойчивость и высокое качество управления. Решение этой задачи проведено на основе синтеза стабилизирующего регулятора H_∞ - методом формирования контура [3].

2. Синтез робастного регулятора

Пусть передаточная функция замкнутой системы с объектом управления G и регулятором K_∞ в обратной связи от всех внешних входов $w = [d_1^T, d_2^T]^T$ к выходам замкнутой системы $z = [y^T, u^T]^T$ определяется выражением

$$T_{wz}(G_s K_\infty) = \begin{bmatrix} (I - G_s K_\infty)^{-1} & (I - G_s K_\infty)^{-1} G_s \\ K_\infty (I - G_s K_\infty)^{-1} & K_\infty (I - G_s K_\infty)^{-1} G_s \end{bmatrix},$$

где y – выход объекта управления G , u – управление, которое формируется регулятором K_∞ , $G_s = W_2 G W_1$ – обобщенный объект управления с формирующими функциями W_1 и W_2 , которые используются в методе формирования контура для задания АЧХ разомкнутого контура.

Математическая постановка задачи синтеза регулятора $K(s)$ формулируется как задача H_∞ - оптимизации, т.е. для стандартного объекта управления и формирующих функций $W_1(s)$ и $W_2(s)$ необходимо синтезировать регулятор $K(s)$ в виде обратной связи по измеряемому выходу $u(s) = K(s)y(s)$, обеспечивающий минимально возможное значение γ для H_∞ - нормы передаточной функции замкнутой системы T_{wz}

$$\|T_{wz}(G_s K_\infty)\|_\infty = \gamma_{\min}.$$

Задача H_∞ - оптимизации решается для обобщенного объекта G_s , при этом определяется величина максимального запаса робастной устойчивости $\varepsilon_{\max} = \gamma_{\min}^{-1}$. Базисом для H_∞ - формирования контура является тот факт, что K_∞ не модифицирует желаемую форму контура существенным образом на низких и высоких частотах, если достигнутая ε_{\max} является достаточно малой величиной. Если величина максимального запаса робастной устойчивости $\varepsilon_{\max} < 0.5$, то искомый регулятор определяется в виде $K(s) = W_1(s)K_\infty(s)W_2(s)$.

Неструктурная неопределенность возмущенного объекта с передаточной функцией $G(s)$ относительно номинального объекта $G_n(s)$ определялась в виде мультипликативной неопределенности

$$UNm_n(s) = (G(s) - G_n(s)) / G_n(s) \quad (1)$$

при $\|UNm(s)\|_\infty < \infty$. Для выбора интервала управления выращиванием ЦГК использовался робастный критерий устойчивости в виде

$$|UNm(s)| < \left| 1 + \frac{1}{K(s)G(s)} \right|. \quad (2)$$

Известно, что характер переходных процессов в системе определяется расположением корней s_i ее характеристического полинома. В работе [4] рассматривается задача синтеза H_∞ - оптимального регулятора с расположением полюсов замкнутой системы в ограниченной выпуклой области на комплексной плоскости s . Требования к расположению полюсов передаточной функции замкнутой системы в некоторой области на комплексной плоскости позволяют для систем управления кристаллизацией задавать: ограничения на быстродействие, которое может быть оценено по степени устойчивости (абсолютной величине действительной части ближайшего к мнимой оси корня);

запас устойчивости, который может быть оценен по колебательности (максимальному отношению мнимой части корня к его действительной части) или параметру затухания (коэффициенту демпфирования); максимальную

угловую частоту собственных колебаний системы (максимальную абсолютную величину мнимой части корня).

Для систем управления выращиванием крупногабаритных монокристаллов в качестве области расположения полюсов замкнутой системы на комплексной плоскости был выбран конический сектор с углом φ наклона его ребра к действительной оси $Re\ z$ и с вершиной на расстоянии η от мнимой оси $Im\ z$. Размещение полюсов передаточной функции замкнутой системы в этой области гарантирует затухание колебаний переходных процессов не менее η , коэффициент демпфирования – не менее $\xi = \cos \varphi$ (или колебательность – не более $tg \varphi$). Практический опыт выращивания крупногабаритных монокристаллов CsI(Tl) показывает, что система управления должна обеспечивать точность стабилизации диаметра ЩГК до 2%, длительность переходного процесса менее 120 сек, перерегулирование до 15%.

Для интервала выращивания монокристалла CsI(Tl) диаметром 500 мм передаточные функции канала «температура донного нагревателя – диаметр растущего монокристалла» как объекта управления [2]:

$$G_1(s) = (6.868s^2 + 0.06868s)/(s^2 + 0.02819s + 4.404e - 005),$$

$$G_2(s) = (6.464s^3 + 0.1301s^2 + 0.0006628s + 8.17e - 008)/(s^3 + 0.0473s^2 + 0.0006113s + 4.664e - 007),$$

$$G_3(s) = (1.938s^3 + 0.04961s^2 + 0.0004109s + 1.085e - 006)/(s^3 + 0.1056s^2 + 0.001047s - 2.103e - 006).$$

На рис. 1 приведены АЧХ этих ОУ.

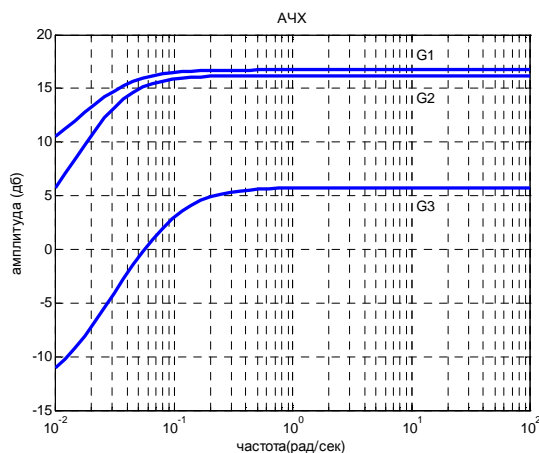


Рис. 1. АЧХ канала «температура донного нагревателя – диаметр монокристалла» для интервала выращивания

Результаты синтеза характеризуют удовлетворительную оценку совместимости требований между качеством переходных процессов и робастной устойчивостью замкнутой системы, а также близость АЧХ обобщенного объекта и разомкнутой системы с синтезированным регулятором полного порядка. На рис. 2 приведены результаты анализа условия робастной устойчивости на

Синтез робастного стабилизирующего регулятора проводился с использованием команд `hinfmix` и `lmiregion` среды MATLAB. Параметры синтеза: префильтр $W_1 = 0.16/(9.1s + 0.01)$, постфильтр $W_2 = 19$, $\eta = -0.000002$, $\varphi = 50^\circ$. Номинальный объект управления $G_1(s)$.

В результате синтеза получен регулятор $K_\infty(s)$ 3-го порядка при $\varepsilon_{\max} = 0.1$. Регулятор $K(s)$ 4-го порядка. Замкнутая система управления 6-го порядка.

интервале выращивания, согласно выражению (2), для синтезированного регулятора $K(s)$ 4-го порядка, из которого видно, что возмущенный ОУ $G_2(s)$, $G_3(s)$

(мультипликативная неопределенность UNm_2 , UNm_3 , согласно выражению (1)) близко подходит к границе устойчивости (красная кривая). Поэтому, для дальнейшего управления процессом кристаллизации необходим переход на следующий интервал выращивания и синтез регулятора для нового интервала.

На рис. 3 приведены функции дополнительной чувствительности $T(j\omega)$ системы и функции чувствительности $S(j\omega)$ с регулятором K и номинальным ОУ.

Из рис. 3 следует, что АЧХ функции чувствительности имеют наклон примерно 20 дБ/дек на низких частотах и остаются меньше 0 дБ для частот меньших, чем 10^1 рад/сек без подъема функции чувствительности на более высоких частотах, что характеризует удовлетворительное подавление возмущений на низких частотах и низкую колебательность замкнутой системы. Это очень важно, так как в рассматриваемой системе основное возмущение на низких частотах – это колебания уровня расплава с частотой 1.0-5.0 рад/сек. Анализ $T(j\omega)$ показывает аналогичные результаты: в системе будет обеспечено подавление высокочастотных внешних возмущений, в частности, шумов измерений, высокое демпфирование замкнутой системы.

На рис. 4 приведены переходные характеристики замкнутой системы управления с синтезированным регулятором $K(s)$ 4-го порядка и объектами управления: номинальным $G_1(s)$ и возмущенным $G_3(s)$ (нижняя кривая). Из рис. 4 следует, что на выбранном интервале выращивания длительность переходного процесса изменяется от 5 сек до 100 сек. Это вполне допустимо для управления выращиванием ЦГК.

Синтезированная система управления редуцировалась методом приближения по ганкелевой норме. Использовались функции `sysbal` и `hankmr`. Функция `sysbal` строит сбалансированную реализацию для заданной системы, которая связана с граммианами управляемости и наблюдаемости. Функцией `hankmr` систему

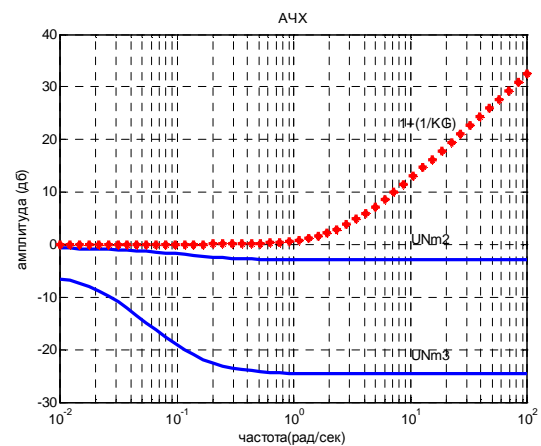


Рис. 2. Анализ условия робастной устойчивости на интервале выращивания для регулятора $K(s)$ 4-го порядка

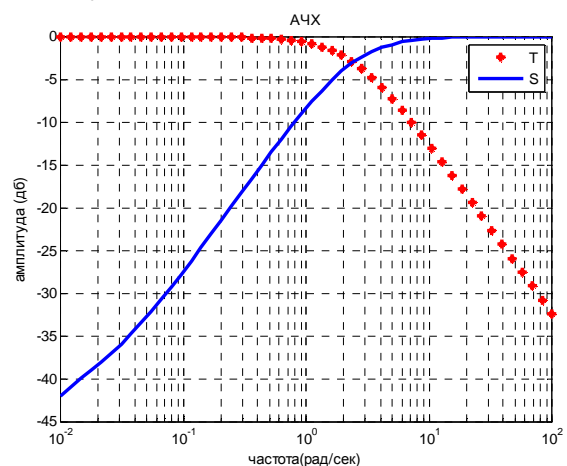


Рис. 3. АЧХ функции дополнительной чувствительности T и функции чувствительности S

полного порядка можно редуцировать до системы, являющейся оптимальным приближением ганкелевой нормы желаемого порядка k . Входным аргументом функции `hankmr` является сбалансированная реализация исходной системы, а также ее ганкелевы сингулярные значения, предварительно найденные с помощью функции `sysbal`. Точность редукции оценивалась максимальным ганкелевым сингулярным числом σ_{\max} для разности исходной и редуцированной систем.

Редукция проводилась по функции $T(s)$ и по редуцированной системе восстанавливалась модель регулятора $K(s)$ при условии, что модель ОУ не изменилась. Редуцированная замкнутая система управления 5-го порядка при $\sigma_{\max} = 1.4921e-006$. Ее полюса представлены в таблице.

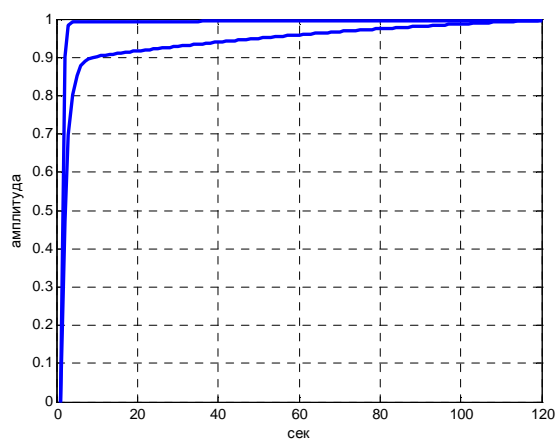


Рис. 4. Переходные характеристики замкнутой системы

Таблица
Полюса редуцированной замкнутой системы управления

Real	imagina	frequen	dampin
ry	cy	g	
- 3.7464e+004	0.0000e +000	3.7464e +004	1.0000e +000
- 2.4044e+000	0.0000e +000	2.4044e +000	1.0000e +000
- 1.1313e-002	0.0000e +000	1.1313e -002	1.0000e +000
- 5.1535e-003	0.0000e +000	5.1535e -003	1.0000e +000
- 1.4588e-006	0.0000e +000	1.4588e -006	1.0000e +000

Редуцированный регулятор $K(s)$ 3-го порядка

$$K_r = \frac{2.173e - 007s^3 + 0.6643s^2 + 1.302e004s + 84.93}{s^3 + 3.746e004s^2 + 225.8s + 0.2071}.$$

Исследования устойчивости и качества системы управления 5-го порядка с редуцированным регулятором показывают, что временные и частотные характеристики этой системы практически совпадают с характеристиками системы полного порядка.

3. Выводы

Для кристаллизации крупногабаритных монокристаллов проведен синтез системы модального управления с регулятором низкого порядка, которая обеспечивает робастную устойчивость и требуемое качество процесса управления на интервале выращивания.

Список литературы: 1. Суздаль В.С.. Сцинтилляционные монокристаллы: автоматизированное выращивание. / Суздаль В.С., Стадник П.Е., Герасимчук Л. И., Епифанов Ю.М. // Сер. Состояние и перспективы развития функцион. матер. для науки и техники. – Харьков: ИСМА, 2009.– 260 с. 2. Суздаль В.С. Параметрическая идентификация VARMAX моделей процесса кристаллизации крупногабаритных монокристаллов / В. С. Суздаль, Ю. М. Епифанов, А. В. Соболев, И. И. Тавровский // Нові технології. Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління. – 2009. – № 4 (26). – С. 23–29. 3. Mcfarlane D.C. Loop Shaping Design Procedure Using H^∞ Synthesis / Mcfarlane D.C., Glover K. // IEEE Transactions on Automatic Control. – 1992. – Vol. 37. – № 6. – PP. 759–769. 4. Chilalin M., Gahinet P. H^∞ Design with Pole Placement Constraints: An LMI Approach // IEEE Transactions on Automatic Control. – 1996. – Vol. 41. – № 3. – PP. 358–367.

Поступила в редколлегию 23.02.2011

УДК 519.178, 004.942, 57.087

Е. А. ТАРАНЕНКО, директор ООО «Алтимед», академик

Международной академии информатизации (МАИ), г. Киев

В. В. КУЗЬМУК, докт. техн. наук, проф., академик Международной академии информатизации (МАИ), г. Киев

А. С. КОВАЛЕНКО, докт. мед. наук, проф., Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН Украины, г. Киев

Е.Г. ФИЛЮНОВА, врач ООО «Алтимед»

Б. М. ЄРЕМЕЄВ, асп., Институт проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАНУ, г. Киев

А. В. КУЗЬМУК, асп., Институт проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАНУ, г. Киев

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В АППАРАТЕ «LANTA ZM»

В статье представлен анализ и моделирование параллельного алгоритма работы аппарата «Lanta-Zm» с помощью Управляющих сетей Петри. Также были выявлены структурные элементы и функциональные связи, введение которых позволяет значительно повысить надежность медицинского прибора.

Ключевые слова: частотно-резонансная диагностика и терапия, Управляющие сетей Петри, параллельные процессы и параллельные, взаимосвязанные алгоритмы.

У статті представлено аналіз та моделювання паралельного алгоритму роботи приладу «Lanta-Zm» за допомогою Керуючих мереж Петрі. Також було виявлено структурні елементи і функціональні зв'язки, при використанні яких є можливість значно підвищити надійність медичного апарату.

Ключові слова: частотно-резонансна діагностика і терапія, Керуючі мереж Петрі, паралельні процеси, паралельні, взаємопов'язані паралельні алгоритми.

The article presents the analysis and modeling of parallel algorithm apparatus «Lanta-Zm» by means of Steueretze SN. Also it was assign structural and functional relationships, using them we can improve the reliability of medical apparatus.

Keywords: resonant frequency diagnosis and therapy, administering Petri nets, parallel processes.